

DB11

北京市地方标准

DB 11/T 1585—2018

建筑结构强震动观测技术规范

Specifications of strong motion observation for building structures

地方标准信息服务平台

2018 - 12 - 17 发布

2019 - 04 - 01 实施

北京市市场监督管理局

发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 设计要求	2
4.1 基本要求	2
4.2 观测点要求	2
4.3 观测设备要求	3
4.4 观测设备工作环境要求	3
5 建设要求	3
5.1 设备安装要求	3
5.2 试运行要求	4
5.3 设备验收要求	4
6 观测要求	5
6.1 观测方法及分类	5
6.2 观测系统维护要求	5
6.3 观测数据处理要求	5
6.4 观测成果	5
附录 A (规范性附录) 结构强震动观测台阵组成	7
附录 B (资料性附录) 观测点布设示例	8
附录 C (规范性附录) 加速度传感器主要技术指标	10
附录 D (规范性附录) 采集器主要技术指标	12
附录 E (规范性附录) 远程检查表	14
附录 F (规范性附录) 现场检查表	15
附录 G (规范性附录) 观测记录报告单	16

前 言

本标准按照GB/T1.1—2009给出的规则起草。

本标准由北京市地震局提出并归口。

本标准由北京市地震局组织实施。

本标准起草单位：北京市地震灾害防御中心、中国地震局地球物理研究所、中国地震灾害防御中心、中国地震局工程力学研究所、北京筑福建筑事务有限责任公司。

本标准主要起草人：王飞、阎婷、刘影、康现栋、马洁美、尤红兵、温瑞智、马强、谭庆全、王晓美、范晓勇、周宝锋、董有、杨涛、鞠树森。

地方标准信息服务平台

建筑结构强震动观测技术规范

1 范围

本标准规定了建筑结构强震动观测台阵的适用范围、设计要求、建设要求、观测要求等技术要求。

本标准适用于北京市法律、法规规定的需建设结构强震动观测台阵的建筑、对经济社会有重大价值或重要影响的建筑和各级地方人民政府确定的其他重要建筑。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3102.1 空间和时间的量和单位

GB 50011 建筑抗震设计规范

DB/T 16 地震台站建设规范 测震台站

DB/T 17 地震台站建设规范 强震动台站

DB/T 10 数字强震动加速度仪

DB/T 64 强震动观测技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

3.1

强震动 strong motion

地震和爆破等引起的场地或工程结构的强烈震动。

[GB/T 18207.1—2008，定义3.2.24]

3.2

强震动观测 strong motion observation

利用专门仪器记录场地和工程结构加速度反应的观测。

3.3

台阵 array

专门设计布设的多个观测点组合构成的观测系统。

注：改写DLT 5416—2009，定义4.0.6

3.4

观测点 observation point

设置观测设备进行强震动观测的位置。

3.5

专用台阵 special array

根据特定目的，按专门设计布设的强震动观测台阵。

3.6

自由场地 free field

不受周围工程结构振动影响且覆盖层可近似认为水平成层的空旷场地。

3.7

正常运行率 normal operation rate

设备正常运行时间和全部运行时间的比值。

4 设计要求

4.1 基本要求

4.1.1 结构强震动观测台阵应由观测设备、传输线路和辅助设施等组成（见附录 A）。

4.1.2 结构强震动观测台阵观测点应由结构观测点和自由场地观测点组成。

4.1.3 建设结构强震动观测台阵应收集完整的基础资料，包括结构所在场址的位置信息、场地土描述、柱状图、波速测量数据和结构设计图纸、结构计算书。

4.1.4 结构强震动观测台阵方案设计，应确定台阵的类型、观测设备部署、规模、观测方案和设备技术指标等要求。

4.1.5 宜设置专用台阵开展特定目的的强震动观测，根据观测数据分析土-结构相互作用、结构层间位移和基础（层间）隔震效果等。

4.2 观测点要求

4.2.1 通用台阵结构观测点应满足以下要求：

- a) 在结构的底层或地面层、中间层和顶层应各设置不少于 1 处结构观测点，中间层应每间隔 5-10 层至少布置 1 处观测点。可参考附录 B 图 B.1 通用建筑结构强震动观测台阵观测点布设示例图。
- b) 在结构刚度突变处设置至少 1 处观测点。
- c) 能获取完整的结构响应。可根据结构的对称特性确定观测点的位置。
- d) 将水平向加速度传感器沿靠近结构平面形心的竖直轴大致等间隔布设，观测结构平动；将正交的水平向加速度传感器布设于结构的翼端，观测结构扭转。

4.2.2 通用台阵自由场地观测点满足以下要求：

- a) 应至少设置 1 处观测点。
- b) 观测点应设置三分向传感器。
- c) 宜设在工程场址所在的自由场地或基岩上，到主体结构的距离宜不小于被观测结构高度的 2 倍；不满足距离要求时，通常将传感器布设于深度达到基岩或剪切波速不小于 500m/s 的强震动观测井中，观测井的建设要求按 DB/T 16—2006 5.2 规定执行。

4.2.3 专用台阵结构观测点除了满足通用台阵观测点要求外，还应满足以下要求：

- a) 土-结构相互作用观测台阵，应由结构观测点和至少 3 处不同深度的强震动观测井中观测点组成。可参考附录 B 图 B.2 土-结构相互作用专用观测台阵观测点布设示例图。
 - b) 层间位移观测台阵，结构观测点应布设于结构的相邻楼层上。可参考附录 B 图 B.3 层间位移专用观测台阵观测点布设示例图。
 - c) 基础（层间）隔震观测台阵，应在结构隔震层上、下相邻楼层上设置专门结构观测点，传感器为三分向传感器。可参考图 B.4 基础（层间）隔震专用观测台阵观测点布设示例图。
- 4.2.4 观测点设备部署满足以下要求：
- a) 应设置加速度传感器。
 - b) 可在各观测点只设置传感器，所有观测点传感器均通过传输线路连接到采集器。
 - c) 可在各观测点同时设置加速度传感器和采集器，不同观测点通过传输线路连接成观测网。
 - d) 可设置位移、沉降、形变、风力、温度和湿度等其他类型传感器进行辅助观测。
 - e) 观测设备宜具备冗余度，便于后期替换和维护。

4.3 观测设备要求

- 4.3.1 加速度传感器的主要技术指标应符合附录 C 表 C.1 的要求，井下加速度传感器的主要技术指标应符合附录 C 表 C.2 的要求。
- 4.3.2 采集器的主要技术指标应符合附录 D 的要求。
- 4.3.3 传输线路满足以下要求：
- a) 应采用屏蔽电缆连接加速度传感器与采集器。
 - b) 采用有线或无线网络通讯方式连接采集器与管理中心。
- 4.3.4 辅助设备应满足以下要求：
- a) 供电设备具备维持观测台阵持续、稳定运行的供电能力。
 - b) 备用电源具备满足观测设备连续、稳定工作至少 3 天的能力。

4.4 观测设备工作环境要求

- 4.4.1 传感器工作环境应满足以下要求：
- a) 具备传感器安装、调试、更换、运行条件和正常工作的温度与湿度条件。
 - b) 外加防水、防尘保护罩，结构观测点外壳防护等级应满足 GB 4208—2008 表 2 和表 3 规定的 IP65 要求，场地观测点外壳防护等级应满足 IP67 要求。
- 4.4.2 采集器工作环境应满足以下要求：
- a) 具备采集器安装、调试、更换、运行条件和正常工作的温度与湿度条件。
 - b) 保障采集器正常工作的数据传输网络环境。
 - c) 采用卫星定位系统校时，保证持续接收到卫星信号；采用网络校时，保证网络持续连通。
- 4.4.3 加速度传感器与采集器间的传输介质应避开强电磁干扰。

5 建设要求

5.1 设备安装要求

- 5.1.1 加速度传感器安装应满足以下要求：
- a) 按照传感器使用说明书进行。

- b) 结构观测点传感器的两个水平测量方向分别沿结构的两个主轴方向,或单分向传感器沿结构的某一主轴方向。一般情况下, X 轴沿结构短轴或横向方向, Y 轴沿结构长轴或纵向方向, Z 轴沿竖直方向。
 - c) 将自由场地观测点传感器固定安装在仪器墩上, 仪器墩的规格和建造要求按照 DB/T 60—2015 规定执行。
 - d) 按 DB/T 17—2006 中 8.4 井下地震计的安装技术要求安装井下传感器, 使用直接卡壁安装或定位底座安装。直接卡壁安装须有卡壁机构和遥控功能, 以实现井下传感器与井壁刚性耦合和在地表对井下传感器的卡壁操作。使用定位底座安装方式, 密封筒底部应具有方位标志线及连接导向装置结构, 即密封筒的顶部应具有自动扶正装置, 使得传感器落到定位底座上时能够实现与井壁的刚性耦合。
- 5.1.2 采集器安装应满足以下要求:
- a) 按照采集器使用说明书进行。
 - b) 稳固放置在仪器箱或者仪器柜内。
- 5.1.3 传输线路敷设应满足以下要求:
- a) 所有连接牢固可靠。
 - b) 线缆接头处绝缘屏蔽。
 - c) 室外部分宜采用套管保护。
- 5.1.4 设备调试应满足以下要求:
- a) 对传感器极性、零位进行检查、调试和确定, 进行人工触发、功能测试。
 - b) 对采集器采样率、通道定义等参数进行设置, 进行卫星授时同步、双向通信等设置、检查、调试和确认。
- 5.1.5 设备安装调试完成后, 应编写观测台阵建设报告。报告内容参照 DB/T 64—2016 附录 A 的规定撰写。

5.2 试运行要求

- 5.2.1 观测台阵建设完成后, 应进行试运行, 试运行时间不少于 3 个月。
- 5.2.2 出现下列情况之一, 试运行应中断:
- a) 更换主要观测设备。
 - b) 出现严重技术故障, 导致仪器不能正常工作 48 小时以上。
- 5.2.3 试运行中断应查明原因, 排除故障, 并详细记录在案。系统恢复正常后, 应从恢复之日起重新计算试运行时间。
- 5.2.4 设备正常运行率高于 95%且远程连接通信正常运行率高于 90%, 试运行合格。
- 5.2.5 试运行结束后, 应编写观测台阵试运行报告。

5.3 设备验收要求

- 5.3.1 试运行完成后, 方可申请观测台阵验收。验收应包括资料验收和现场验收。
- 5.3.2 资料验收应包括以下内容:
- a) 设备、软件的使用说明书等技术资料。
 - b) 观测台阵建设报告。
 - c) 观测台阵试运行报告。
- 5.3.3 现场验收应包括以下内容:
- a) 进行触发功能、控制功能和通讯功能现场测试。

- b) 进行系统功能测试、仪器状态、参数设置、人工触发试验、事件文件下载及存储空间管理、校时状态、加速度传感器零位检测、数据传输检测等测试。

6 观测要求

6.1 观测方法及分类

- 6.1.1 利用强震动观测台阵对建筑结构振动进行直接观测。
- 6.1.2 根据观测记录形式，分为连续观测和事件观测。
 - a) 连续观测记录采用在线观测方式，主要包括连续波形数据。
 - b) 事件观测记录采用阈值触发方式，主要包括事件信息表和事件波形数据。

6.2 观测系统维护要求

- 6.2.1 观测系统正常运行，应满足以下基本维护要求：
 - a) 每月远程通讯检查至少一次，内容包括：仪器功能测试、仪器参数设置、触发事件数、传感器零位电压、卫星授时状态、电池电压。检查完成后应填写远程通讯检查记录表，内容和格式见附录 E。
 - b) 每年现场检查至少一次，内容包括：观测环境、传输线路、保护装置等，并可根据需要对传感器灵敏度进行标定。检查完成后应填写现场检查记录表，内容和格式见附录 F。
 - c) 发生地震、爆破、撞击事件后，应进行远程通讯检查和现场检查，必要时进行结构检查。
- 6.2.2 连续观测应满足以下要求：
 - a) 每 1 小时形成一个独立的波形数据文件。
 - b) 波形数据文件应存储一份原始记录，存储时间不少于一个月。
- 6.2.3 事件观测应满足以下要求：
 - a) 当场地观测点记录到超过 $0.010g_n$ 的触发阈值时，自动触发形成事件文件。
 - b) 保存完整事件数据，事件前后预存时间不应小于 30s，并形成强震动观测记录报告单，内容和格式见附录 G。
 - c) 事件观测记录应存储一份原始记录，提交地震部门存档。

6.3 观测数据处理要求

- 6.3.1 观测记录基本处理应满足以下要求：
 - a) 对原始记录波形数据进行零基线和仪器频率响应校正，得到校正加速度记录。
 - b) 对校正加速度记录进行一次、二次积分计算，得到速度时程和位移时程。
 - b) 对加速度、速度和位移时程的峰值进行分析，得到峰值记录。
 - c) 对校正加速度记录进行傅里叶变换，得到傅里叶谱。
 - d) 计算校正加速度记录的功率谱密度，得到自功率谱。
- 6.3.2 地震事件观测记录处理还应满足以下要求：
 - a) 进行反应谱、动力放大系数计算。
 - b) 分别计算 5 个阻尼比（0，0.02，0.05，0.1，0.2）的反应谱，包括相对速度反应谱、相对位移反应谱、绝对加速度反应谱、拟速度反应谱、拟加速度反应谱等。

6.4 观测成果

- 6.4.1 观测成果应包括数据文件、检查记录表、观测记录报告单和观测报告。

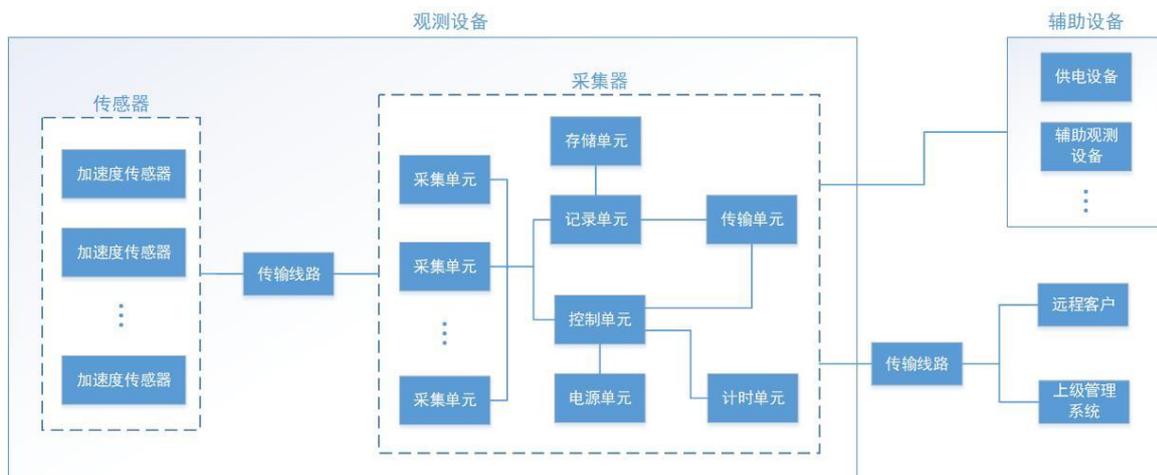
6.4.2 观测成果应提交地震部门归档。

地方标准信息服务平台

附 录 A
(规范性附录)
结构强震动观测台阵组成

A.1 结构强震动观测台阵组成

结构强震动观测台阵组成见图A.1。



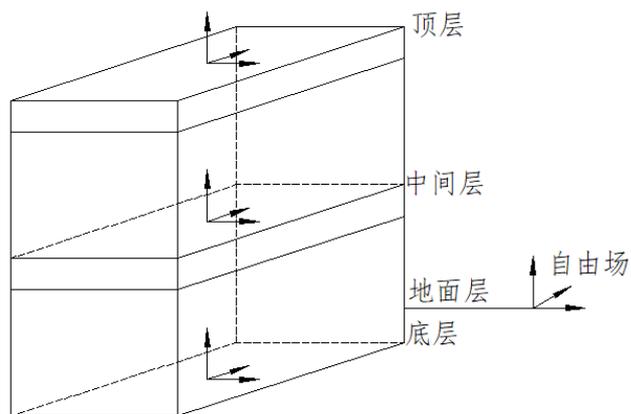
图A.1 结构强震动观测台阵组成

地方标准信息服务平台

附录 B
(资料性附录)
观测点布设示例

B.1 结构强震动通用观测台阵观测点布设示例图

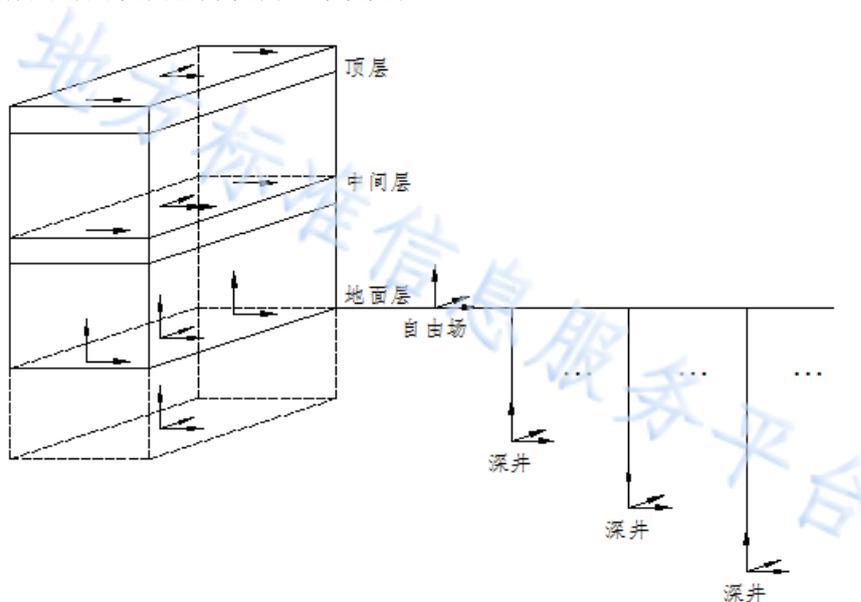
结构强震动通用观测台阵观测点布设见图B.1。



图B.1 结构强震动通用观测台阵观测点布设

B.2 土-结构相互作用专用观测台阵观测点布设示例图

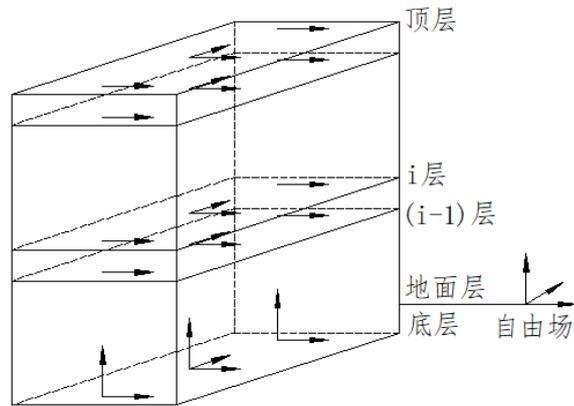
土-结构相互作用专用观测台阵观测点布设见图B.2。



图B.2 土-结构相互作用专用观测台阵观测点布设

B.3 层间位移专用观测台阵观测点布设示例图

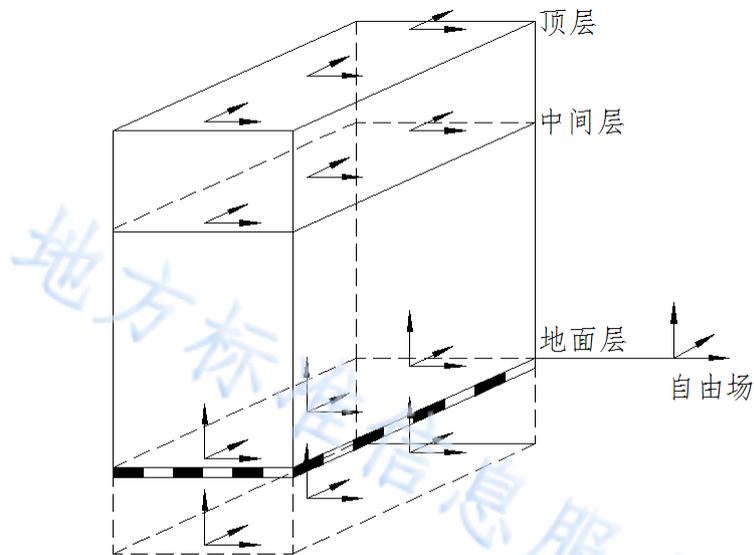
层间位移专用观测台阵观测点布设见图B.3。



图B.3 层间位移专用观测台阵观测点布设

B.4 基础（层间）隔震专用观测台阵观测点布设示例图

基础（层间）隔震专用观测台阵观测点布设见图B.4。



图B.4 基础（层间）隔震专用观测台阵观测点布设

附 录 C
(规范性附录)
加速度传感器主要技术指标

C.1 加速度传感器主要技术指标

加速度传感器主要技术指标见表C.1。

表C.1 加速度传感器主要技术指标

序号	项 目	技术指标
1	传感器类型	差分输出（输出“正”与输出“负”双端差分输出浮地方式，并带有信号地线）
2	测量范围	不小于 $\pm 2.0g_n$
3	灵敏度	不小于 $\pm 1.25V/g_n$
4	灵敏度误差	$< 3\%$
5	动态范围	$\geq 108\text{dB}$
6	线性度误差	$\leq 1\%$
7	频率响应 幅频特性误差	0Hz~80Hz $< \pm 0.3\text{dB}$ (0Hz~50Hz), $-3\text{dB} \sim +0.5\text{dB}$ (50Hz~80Hz)
8	横向灵敏度比	$\leq 1\%$
9	静态耗电电流（三分向）	$< 30 \text{ mA}$ ($\pm 12\text{V DC}$)
10	噪声	$< 10^{-6}g_n$ （均方根值）
11	零点漂移（ $-20^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$ ）	$< 500 \mu g_n/^\circ\text{C}$
12	输出阻抗	$< 10 \Omega$
13	最大负载电容	$0.01 \mu\text{F}$
14	功能要求	应具有标定回路，宜采用自振频率和阻尼检测电路并提供自振频率和阻尼输出信号线 常规加速度传感器应具有摆体零位调整机构、仪器水平调整机构以及用于指示水平的水准泡

C.2 井下加速度传感器的补充技术指标

井下加速度传感器的补充技术指标见表C.2。

表C.2 井下加速度传感器的补充技术指标

序号	项 目	技术指标
1	物理尺寸	外腔体直径小于 $\phi 100\text{mm}$ ，高度小于 800mm
2	定位装置	定位杆、磁偏角仪、专用陀螺仪可选
3	封装	采用防酸、防碱、防油和防腐蚀的材料，全密封防水；外壳防护等级符合 GB 4208—2008 规定的 IP68
4	抗倾斜能力	抗倾斜能力 $\pm 3^\circ$ ；水平向灵敏度变化 $< 3\%$ ，垂向灵敏度变化 $< 0.5\%$
5	耐压	$\geq 10 \text{ MPa}$
6	配套电缆	防酸、防碱、防油和防腐蚀，线缆无应力或配备电缆应力解除装置

地方标准信息服务平台

附 录 D
(规范性附录)
采集器主要技术指标

D.1 采集器主要技术指标

采集器主要技术指标见表D.1。

表D.1 采集器主要技术指标

序号	检验项目	技术指标
1	通道数	≥ 3 通道
2	满量程输入	不小于±2.5 V
3	分辨力	≥20 位(二进制)
4	采样率	每秒样本数 50、100、200、500, 可编程选择; 实时传输采样率与采集器存储事件采样率应分别设定
5	低通滤波器	用户可选用线性相移或最小相移的 FIR 数字滤波器; 下降 3 dB 的频率点应不小于采样率的 40%; 在大于采样率 50% 的频段, 应至少衰减 90dB
6	噪声	小于噪声均方根值上限的计算值
7	动态范围	≥ 108dB
8	频率响应	0Hz~80Hz, 平坦, 线性相移或最小相移用户可选
9	道间延迟	无
10	零点漂移	<100 μV/°C
11	输入阻抗	6 通道及以上采集器: ≥10M Ω
12	计时功能	应具有内部时钟, 时钟漂移率<0.000 1% 应采用协调世界时 (UTC), 并可设置时区 应具有标准时间信号输入接口和内置授时信号接收单元; 与授时源标准时间的同步误差<0.1 ms 内置授时信号单元宜采用卫星定位接收机
13	记录功能	应采用连续记录方式, 具备触发记录功能 用于触发判别的数据应经过带通滤波器, 宜采用 IIR 数字滤波器, 频带为 0.1 Hz~15 Hz, 倍频程衰减为 20dB 通道触发应采用阈值触发、短项平均对长项平均的差值或比值触发 外触发应采用人工控制触发或定时触发 事件触发应采用票决触发算法, 当触发通道加权票数之和大于给定总票数时, 即满足触发条件, 记录器触发记录; 各通道的加权票数和触发总票数可设置

表D.1 采集器主要技术指标（续）

序号	检验项目	技术指标
14	通讯功能	<p>应有本地通信和远程通信的能力</p> <p>应具有以太网接口，支持无线通信</p> <p>通信速率应不小于 19 200 bps</p> <p>应采用标准的数据通信协议，如 TCP/IP、FTP 等协议</p> <p>观测数据传输应数据传输包括实时波形数据传输和事件文件传输；实时波形传输的数据包时间长度≤ 1 s（用于地震预警时应≤ 0.5 s），事件文件传输的数据包时间长度按照利于传输与接收原则合理选择；数据包长度参数可远程设定</p>
15	存储功能	<p>宜支持移动介质存储</p> <p>记录器采取触发后启动存储的方式，在观测数据实时传输情况下也应触发存储事件文件</p> <p>应具备连续存储至少 30 天全通道、最高采样率观测数据的能力，存储介质应采用固态存储介质</p> <p>事件前存贮时间应能设置，存贮时间应有不少于 30 s 的预存能力；事件后保持时间应能设置，保持时间应有不少于 30 s 的继续记录能力</p> <p>当存储空间小于总容量的 5%时，应具有自动停止记录新事件或自动删除记录事件恢复存储空间功能，两种功能可编程选择；记录事件删除应采用滚动时间删除和小峰值记录删除方式，方式可编程选择</p>

地方标准信息服务平台

附 录 E
(规范性附录)
远程检查表

E.1 远程检查表

远程检查表见表E.1。

表E.1 远程检查表

台阵名称				台阵代码			
数采型号				数采编号			
电池电压				事件数			
存储卡剩余容量							
参数设置		预存时间	延续时间	触发阈值	触发比	STA	采样率
	原设置						
	修改值						
通道零位电压 (mv)	通道	1	2	3	4	5	6
	检查电压						
	调整后电压						
	通道	7	8	9	10	11	12
	检查电压						
	调整后电压						
功能测试				手动触发			
连续记录	实时波形显示			波形数据存储			
记录回收	文件名						
	文件名						
通讯状态							
授时状态							
故障及处理							
重要记事							
检查人员							
日期							

附 录 F
(规范性附录)
现场检查表

F.1 现场检查表

现场检查表见表F.1。

表F.1 现场检查表

台阵名称							台阵代码	
充电电压				供电状态				
功能测试								
传感器 状态	通道序号	1	2	3	4	5	6	
	型号							
	编号							
	零位电压 (调整前)							
	零位电压 (调整后)							
	人工触发							
参数设置		预存时间	延续时间	触发阈值	触发比	STA	采样率	
	原设置							
	修改值							
记录回收	文件名							
	文件名							
观测室内外环境	内							
	外							
传感器运行环境	干燥	锈蚀	松动	仪器罩				
传输线缆	破损	短路	断路	接头				
辅助设备								
故障及处理								
重要记事								
检查人员								
日期								

注：传感器状态表格可根据实际需要自行增减。

附 录 G
(规范性附录)
观测记录报告单

G.1 观测记录报告单

观测记录报告单见表G.1。

表G.1 观测记录报告单

台阵名称					台阵代码							
地震时间	年	月	日	时	分	秒	震级					
震中地点						震中经纬度						
震源深度						震中距						
记录编号	仪器型号	仪器序列号	传感器型号	传感器序列号	观测点编号	通道编号	观测点方向	灵敏度 (mV/g)	最大加速度 (cm/s ²)	主频 (Hz)	记录长度 (s)	
安全状态评估	安全		警惕			危险						
重要记事												
检查人员					日期							

注：记录编号相关表格可根据实际需要自行增减。

地方标准信息服务平台